

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-208858
(P2000-208858A)

(43) 公開日 平成12年7月28日 (2000.7.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)	
H 0 1 S	5/022	H 0 1 S 3/18	6 1 2	2 H 0 3 7
	5/026		6 1 6	5 F 0 7 3
	5/0683		6 3 7	5 F 0 8 8
G 0 2 B	6/42	G 0 2 B 6/42		
H 0 1 L	31/0264	H 0 1 L 31/08	L	
		審査請求 有	請求項の数 8 O L (全 7 頁)	

(21) 出願番号 特願平11-5915

(22) 出願日 平成11年1月13日 (1999.1.13)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 森本 卓夫

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100088812

弁理士 ▲柳▼川 信

Fターム(参考) 2H037 AA01 BA02 DA03 DA04 DA06
DA12

5F073 EA29 FA04 FA07 FA13 FA17
FA23

5F088 AA03 AB01 BA15 BB01 CB03
KA06 LA01

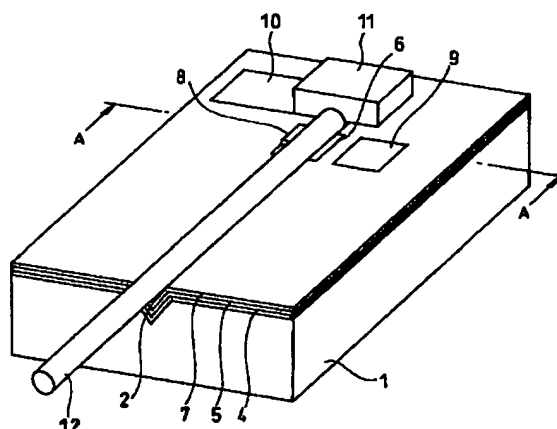
(54) 【発明の名称】 光半導体装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 光半導体装置自体のコストとその実装コストとを低減する。

【解決手段】 半導体レーザ素子11を基板1に搭載し、さらに光吸収層となる鉄シリサイド層4を含んで構成されるモニタ用PDを集積化する。このモニタ用PDでレーザ素子11の出力光をモニタする。この場合、基板1は、レーザ素子11と光結合される光ファイバ12を載置するためのV溝2を有し、レーザ素子11から光ファイバ12への出力光をモニタする。

【効果】 モノリシックに集積されているのでモニタ用PDを別に実装する工程が省け、モジュール組立コストを低減できる。また、Si基板上の鉄シリサイドによる受光素子は、通常のSi半導体で用いられる大口径の基板を用いて製造することができるので、製造コストを低減できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体レーザ素子を搭載する基板に、鉄シリサイドの光吸収層を有し前記半導体レーザ素子の出力光をモニタする受光素子を集積化したことを特徴とする光半導体装置。

【請求項2】 前記基板は、前記半導体レーザ素子と光結合される光ファイバを載置するためのV溝を有し、前記半導体レーザ素子から前記光ファイバへの出力光を前記受光素子によってモニタするようにしたことを特徴とする請求項1記載の光半導体装置。

【請求項3】 前記基板はシリコン酸化膜を有し、このシリコン酸化膜によって前記受光素子が覆われかつ前記シリコン酸化膜が開口された部分に前記受光素子の電極が形成されてなることを特徴とする請求項2記載の光半導体装置。

【請求項4】 前記基板は、前記半導体レーザ素子が溝内部に載置された台形溝を有し、該台形溝の斜面を含む領域に形成された前記受光素子によって前記半導体レーザ素子の出力光をモニタするようにしたことを特徴とする請求項1記載の光半導体装置。

【請求項5】 前記受光素子は、前記台形溝の底面をも含む領域に形成されていることを特徴とする請求項4記載の光半導体装置。

【請求項6】 前記基板はシリコン酸化膜を有し、このシリコン酸化膜によって前記受光素子が覆われかつ前記シリコン酸化膜が開口された部分に前記受光素子の電極が形成されてなることを特徴とする請求項4又は5記載の光半導体装置。

【請求項7】 鉄シリサイドの光吸収層を半導体基板上に形成するステップと、この形成後に前記半導体基板と同一導電型の半導体膜を形成するステップと、この形成後に前記半導体基板と異なる導電型の領域を形成するステップと、この形成後に酸化膜を形成するステップと、この形成された酸化膜を開口して半導体レーザ素子の出力光モニタ用の受光素子を形成するステップとを含むことを特徴とする光半導体装置の製造方法。

【請求項8】 前記半導体基板上には、光ファイバ固定用のV溝が形成されていることを特徴とする請求項7記載の光半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光半導体装置及びその製造方法に関し、特に半導体レーザとその出力光をモニタする構造とを含む光半導体モジュール及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、この種の光半導体モジュールでは、半導体レーザの光出力を一定に保つ、オートパワーコントロールのために、半導体レーザの光出力をモニタするフォトダイオード(Photodiode:PD)

を、半導体レーザとともに、低コストで実装することが重要な要素の一つとなっている。

【0003】この目的のために、通常、1.3 μ m帯や1.55 μ m帯の光に感度のあるInP/InGaAs/InPの構造の表面入射型PIN-PDが用いられる。このPDチップをサブマウントに搭載して、半導体レーザ素子の後方に、受光面を立てて実装するという手法が採用されている。

【0004】しかしながら、この手法では、サブマウントを立てて実装する必要があるため、平面実装である半導体レーザ素子のアセンブリと、組立装置の共通化ができない。このため、組立工数を抑えることに関し、十分とは言えない。

【0005】そこで、例えば特開平8-204288号公報には、半導体レーザ素子の後方に、導波路型PDを平面実装することが開示されている。この技術は、半導体レーザ素子の実装方法とモニタPDの実装方法を共通化し、しかも、モニタPDをSi基板とは別のサブマウントに実装する必要がないので、組立工数の削減、組立コストの低減において一応の効果を奏している。

【0006】しかしながら、導波路型PDをモニタPDとして用いる方法は、逆に半導体レーザとモニタPDの光結合の点において新たにモニタ電流が十分にとれないという問題をもたらしている。光ファイバと導波路型PDを光結合させるときは、光ファイバからの光の放射角が狭いので、十分な結合が得られるが、半導体レーザからの出射光は、放射角が広いので、直接、導波路型PDで受けようとする、十分なモニタ電流が得られない。これは、導波路型PDでの実質的な受光面の大きさが、幅は十分大きく取れるが、高さ方向が、吸収層、ガイド層の結晶成長層厚に律速されて、5 μ m程度しかないからである。しかも、半導体レーザ素子とモニタPDを近づけてモニタ電流を増加させることを考えてみても、モニタPDからの反射光が半導体レーザ素子に戻るため、半導体レーザ光に雑音が発生し、通信にエラーが発生するという問題が発生する。

【0007】そこで、例えば特開平9-312407号公報には、半導体レーザ素子の後方に、溝を形成し、その斜面での反射光を、受光面を下向きに実装したモニタPDで受けるという方法が開示されている。図6は、同公報に記載されているモニタPDの構造を示す断面図である。同図を参照すると、n-Si基板1には、V溝(横断面がV字型の溝)2と台形溝(横断面が台形の溝)3とが形成されている。そして、この2つの溝の間の平坦部に半導体レーザ素子11がマウントされている。光ファイバ12はV溝2に固定し、球状レンズ15は台形溝3のレンズ支持斜面13に押し当てて固定する。モニタPD素子16は、反射性の溝端部14の上にかぶせるように平面実装する。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上述した図6に記載されている技術は、組立工数の削減、組立コストの低減において一応の効果を奏している。その上、モニタ電流も十分に確保できる。しかしながら、各家庭にまで、光ファイバ通信網を拡張する場合のことを考えると、このような方法でも、低コストであるとはいいがたい。

【0009】また、別の種類の問題として、特に分布帰還型半導体レーザの場合に顕著であるが、前方後方光出力比の温度依存性により、オートパワーコントロールにおいて、パワー変動を十分に抑えられないという問題もある。

【0010】そこで、特開平4-307783号公報では、モニタPDを半導体レーザの前方にモノリシックに集積しているため、前方の光出力をモニタしている。このため、モニタ電流と光出力の比率は、一定に保ちやすい。しかし、モニタPDからの戻り光により、レーザ光に雑音が発生するため、光ファイバ通信に用いることはできないという問題がある。

【0011】なお、やや分野外であるが、特開平1-130112号公報には、光ファイバと受光素子との効果的な結合形態について開示されている。この方法では、端面を斜めにカットした光ファイバをV溝に密着させ、V溝壁面に受光素子を設け、ファイバ端面で反射した光を受光素子に入射させている。この技術は、受光素子と光ファイバとの光結合の点で効果的であるが、そもそも、半導体レーザのモニタPDとして使うことについては考慮されていない。

【0012】本発明は上述した従来技術の欠点を解決するためになされたものであり、その目的はモニタPDを搭載する光半導体装置において、装置それ自体のコストとその実装コストとを低減することのできる光半導体装置及びその製造方法を提供することである。

【0013】また、本発明の他の目的は、半導体レーザをオートパワーコントロールする光半導体モジュールにおいて、ファイバに結合する光出力とモニタ電流の比率が、十分小さな温度依存性を有し、その結果ファイバ光出力の温度依存性が極めて小さい、例えば-40℃～85℃の温度変化に対してファイバ光出力が±0.2dBである光半導体装置及びその製造方法を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明による光半導体装置は、半導体レーザ素子を搭載する基板に、鉄シリサイドの光吸収層を有し前記半導体レーザ素子の出力光をモニタする受光素子を集積化したことを特徴とする。また、前記基板は、前記半導体レーザ素子と光結合される光ファイバを載置するためのV溝を有し、前記半導体レーザ素子から前記光ファイバへの出力光を前記受光素子によってモニタするようにしたことを特徴とする。さらに、前記基板はシリコン酸化膜を有し、このシリコン酸

化膜によって前記受光素子が覆われかつ前記シリコン酸化膜が開口された部分に前記受光素子の電極が形成されてなることを特徴とする。

【0015】本発明による他の光半導体装置は、前記基板は、前記半導体レーザ素子が溝内部に載置された台形溝を有し、該台形溝の斜面を含む領域に形成された前記受光素子によって前記半導体レーザ素子の出力光をモニタするようにしたことを特徴とする。前記受光素子は、前記台形溝の底面をも含む領域に形成されていることを特徴とする。前記基板はシリコン酸化膜を有し、このシリコン酸化膜によって前記受光素子が覆われかつ前記シリコン酸化膜が開口された部分に前記受光素子の電極が形成されてなることを特徴とする。

【0016】本発明の光半導体装置の製造方法は、鉄シリサイドの光吸収層を形成するステップと、この形成後に前記半導体基板と同一導電型の半導体膜を形成するステップと、この形成後に前記半導体基板と異なる導電型の領域を形成するステップと、この形成後に酸化膜を形成するステップと、この形成された酸化膜を開口して受光素子を形成するステップとを含むことを特徴とする。また、前記半導体基板上には、光ファイバ固定用のV溝が形成されていることを特徴とする。

【0017】要するに本光半導体装置は、シリコン基板に設けられたV溝に沿って光ファイバを固定することにより、半導体レーザと光ファイバとのアラインメントをとる光半導体モジュールにおいて、シリコン基板のV溝部に光モニタ用のフォトダイオードをモノリシックに集積化したことを特徴としている。また本光半導体装置は、半導体レーザを搭載するシリコン基板に、吸収層として鉄シリサイドを用いたモニタ用フォトダイオードをモノリシックに集積化したことも特徴としている。

【0018】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の一形態について図面を参照して説明する。なお、以下の説明において参照する各図においては、他の図と同等部分には同一符号が付されている。

【0019】図1は本発明による光半導体装置の実施の一形態を示す斜視図である。同図において、本光半導体装置のn-Si基板1にはV溝2が形成され、その最上層はSiO₂膜7で覆われている。このV溝2は半導体レーザ素子11を搭載する領域の直前で終端している。半導体レーザ素子11を搭載する領域とそれに隣接する部分にはレーザ用電極10が設けられており、半導体レーザ素子11は画像認識により高精度にマウントされる。光ファイバ12は、V溝2に嵌込むことにより自動的に位置決めされ、半導体レーザ素子11との光学結合がとれるようになっている。

【0020】また、本装置においては、V溝2が形成されたn-Si基板1上には、β-FeSi₂層4、n-Si層5が設けられている。そして、半導体レーザ素子

11からの距離が $50\mu\text{m}\sim 800\mu\text{m}$ 、より望ましくは、 $200\mu\text{m}\sim 400\mu\text{m}$ のV溝2の端部領域のn-Si層5をイオン注入によりp領域6としている。これにより、p領域6の直下の $\beta\text{-FeSi}_2$ 層4が光吸収層となるレーザ出力モニタ用PDがモノリシックに集積されることになる。

【0021】このp領域6は、少なくとも片側で、V溝2の外の平坦部まで広がっており、その上には、モニタPD用p電極8が形成されている。また、このp領域6と隣接する場所に、モニタPD用n電極9も設けられている。n-Si層5の上のSiO₂膜7は、モニタPD用p電極8とモニタPD用n電極9の部分で開口している。また、SiO₂膜7は、V溝2内のp領域6で、半導体レーザ光に対してAR (Anti-Reflection) 条件となる膜厚となっている。この場合、シリコン酸化膜 (SiO₂膜) の代わりに、シリコン窒化膜 (SiN_x膜) を用いれば、より良好なAR条件が得られる。

【0022】このようなレンズを用いない、光ファイバ12と半導体レーザ素子11の結合系では、半導体レーザ素子11の前方光出力は、その50%以上が、光ファイバ12のコアに結合されず、外に漏れ出る。その一部が、p領域6の直下の $\beta\text{-FeSi}_2$ 層4に到達する。 $\beta\text{-FeSi}_2$ は、特開平6-21517号公報や特開平10-25200号公報で用いられている鉄シリサイドの一つの相で、0.85eV程度のバンドギャップをもつ直接遷移型の半導体であり、光ファイバ通信で用いられる $1.3\mu\text{m}$ の光に対して、 10000cm^{-1} 以上の大きな吸収係数をもつ。また、 $1.55\mu\text{m}$ 光に対しても、実用に耐えうる吸収係数をもつ。このため、モニタPD用p電極8とモニタPD用n電極9との間に逆バイアスをかけることにより、十分なモニタ電流を得ることができる。p領域6の面は、レーザからの入射光の向きに対し、斜めになっているので、モニタPDからの反射光が半導体レーザ素子11に戻ることはない構造となっている。

【0023】ここで、図2は図1中のA-A断面図である。同図に示されているように、図1の光半導体装置においては、V溝2が形成されているn-Si基板1に、 $\beta\text{-FeSi}_2$ 層4、n-Si層5が順に結晶成長されている。この結晶基板にホウ素がイオン注入されることによってp領域6が形成されている。

【0024】そして、表面にSiO₂膜7が形成され、このSiO₂膜7によって半導体レーザ素子11が覆われることになる。このSiO₂膜7を開口して、モニタPD用p電極8及びモニタPD用n電極9が形成されている。シリコン酸化膜 (SiO₂膜) の代わりに、シリコン窒化膜 (SiN_x膜) を用いても良い。また、光ファイバ12がV溝2に固定される。

【0025】かかる構成においては、モニタPDが、モ

ノリシックに集積されているため、モニタPDを別に実装する工程が省け、モジュール組立コストを低減することができる。また、V溝2内にモニタPDを埋め込んでしまうことにより、モニタPDを搭載する場所を別途用意する必要がないため、光モジュールを小型化することができる。さらにまた、半導体レーザ素子11の後方がモニタPDで占有されないため、そこに半導体レーザの駆動ICを集積化することもできる。

【0026】また、通常の $1.3\mu\text{m}$ 帯や $1.55\mu\text{m}$ 帯の受光素子は、InP基板上にInGaAsを結晶成長することで製造されるが、2" 6基板で製造されるため、製造コストが高い。これに対し、Si基板の鉄シリサイドによる受光素子は、通常のSi半導体で用いられる大口径の基板を用いて製造することができるので、製造コストを圧倒的に下げることができる。以上より、製造コストの低減、光モジュールの小型化、製造期間の短縮という効果がもたらされる。

【0027】また、半導体レーザ素子11の前方光出力をモニタすることは、別の利点をもたらしている。半導体レーザ素子11内の光のfield分布は、温度により変わりうるので、このとき、前後方光出力比も微妙に変化する。これは、半導体レーザ素子11が分布帰還型半導体レーザであるとき顕著になる。オートパワーコントロール (Auto Power Control; APC) では、 -40°C から 85°C の温度変化に対して、ファイバ光出力の変動を1dB程度以下に抑える必要がある。これは、光ファイバに入力される光とモニタ電流との比率の変動を抑制する必要があることを意味している。本装置により、前方の光の一部をモニタすれば、分布帰還型半導体レーザにおいても、ファイバ光出力とモニタ電流との比率の変化は、 $\pm 0.2\text{dB}$ 以内と格段に向上する。

【0028】ここで、図3を参照して図1に示されている本実施例の光半導体装置の製造方法について説明する。本実施例の光半導体装置は、次のように製造される。即ち、まず、表面の面方位が(100)のn-Si基板1を用意し、この基板1に異方性エッチャントによりV溝2を形成する (ステップS201)。なお、V溝2の側面の面方位は(111)である。このV溝2を有する基板1の上に、分子線エピタキシャル成長法、MBE (Molecular Beam Epitaxy) 法により、 $\beta\text{-FeSi}_2$ 層4、n-Si層5を結晶成長する (ステップS202)。

【0029】ここで、 $\beta\text{-FeSi}_2$ 層4は、Feを堆積する工程と、これを熱処理する工程とによって、形成しても良い。この $\beta\text{-FeSi}_2$ 層4の厚さは、 $0.1\mu\text{m}\sim 1\mu\text{m}$ である。 $0.1\mu\text{m}$ 以下であれば、十分な感度を得られない。また、 $1\mu\text{m}$ 以上であれば、結晶性が損なわれ、リーク電流が大きくなる。

【0030】この結晶基板にホウ素をイオン注入してp

領域6を形成する(ステップS203)。この後、表面にSiO₂膜7を形成する(ステップS204)。そして、p領域6のV溝2外の平坦な領域で、SiO₂膜7を開口して、モニタPD用p電極8を形成する(ステップS205)。また、p領域6に隣接する領域でもSiO₂膜7を開口して、モニタPD用n電極9を形成する(ステップS206)。

【0031】V溝2の終端部の先には、AuSnでレーザ用電極10を形成し(ステップS207)、そこに、半導体レーザ素子11をマウントする(ステップS208)。この場合、半導体レーザ素子11とn-Si基板1には画像認識用マークが形成されていて、自動組立装置により±1μmの精度でマウントを行う。最後に光ファイバ12をV溝2に載せて固定する(ステップS209)。

【0032】上記実施例において、β-FeSi₂層4には、炭素Cを追加しても良い。β-FeSi₂は、Siに対して、2%格子定数が大きい。このため、欠陥フリーのエピタキシャル層とはならない。Siの一部を炭素Cに置き換えることにより、格子定数が小さくなり、格子不整合が低減できるので、結晶性が向上する。これはモニタPDの暗電流低減という効果をもたらす。また、β-FeSi₂層4及びn-Si層5は、p領域6にのみ形成しても良い。

【0033】図1に戻り、同図に示されている光半導体モジュールでは、n-Si基板1にV溝2が形成されている。このV溝2に光ファイバ12を載せることにより、半導体レーザ素子11と光結合させる。さらにV溝2を形成した後のn-Si基板1の上に、β-FeSi₂層4、n-Si層5が形成されている。そして、半導体レーザ素子11の近傍のV溝部にはイオン注入によりp領域6が形成され、この領域にモニタPD用p電極8が形成されている。これにより、モニタ用フォトダイオードがV溝2に隣接してモノリシックに集積化されることになる。

【0034】このフォトダイオードは、β-FeSi₂層4が光通信用の1.3μm帯の光を吸収するため、半導体レーザ素子11から光ファイバ12に結合しなかったレーザ光を受信することができる。これは、光信号のAPCのために用いられる。すなわち、このフォトダイオードはレーザ前方光出力のモニタの役目を果たす。レーザの後方から出射される光では、レーザ光モニタとしてはやや不正確である。これに対し、本例ではレーザの前方からの光をモニタするため、ファイバに結合する光をより正確にモニタすることができるのである。このため、APCにおいてファイバ光出力を十分に安定させることができるのである。

【0035】ところで、上述した実施例においては、V溝を有するSi基板上に半導体レーザ素子を集積する場合について説明したが、本発明はモニタPD付きヒート

シンクについても適用することができる。その構成について図4を参照して説明する。同図において、基板1は図示せぬヒートシンクと熱結合することによってレーザ素子11が発する熱を拡散する機能を有する。なお、レーザ素子11の出力光は、図示せぬレンズによって図示せぬ光ファイバに収束される。

【0036】また、半導体レーザ素子11を搭載する場所からその後方にかけて、台形溝3を設ける。p領域6は、台形溝3の底面から、半導体レーザ素子11の真後ろの斜面を通して、その上の平坦部にかかるように設ける。この上の平坦部分に、モニタPD用p電極8を設ける。β-FeSi₂層4とn-Si層5は、ヒートシンク全面に形成しても良いが、p領域6のみに形成しても良い。

【0037】ここで、図5は図4中のB-B断面図である。同図に示されているように、図4の光半導体装置においては、n-Si基板1に、β-FeSi₂層4、n-Si層5が順に結晶成長され、さらにp領域6が形成されている。そして、表面にSiO₂膜7が形成され、このSiO₂膜7を開口して、モニタPD用p電極8及びモニタPD用n電極9が形成されている。かかる構成においては、モニタPDが、モノリシックに集積されているため、モニタPDを別に実装する工程が省け、モジュール組立コストを低減することができる。

【0038】図4に戻り、このモニタPD付きヒートシンクでは、台形溝3の底面及び斜面の両方で光を受けるため、単に溝のない平面のみで光を受けるよりも、効率良く半導体レーザ素子11からの光を受けることができるという効果が得られる。しかも、モニタPDがSi基板上につくられているので、モニタ電流のアンプ回路もモノリシックに集積化できるという効果も得られる。

【0039】なお、本装置において、半導体レーザ素子11は光変調器との集積化素子としても良いことは明らかである。さらには、アレイ化した素子に適用しても良いことも明らかである。

【0040】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、半導体レーザ素子が搭載されている基板に、そのレーザ素子の出力光モニタ用PDをモノリシックに集積化することにより、モニタ用PDを別に用意して実装しなくて済むので、光半導体装置自体のコストとその実装コストとを低減することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光半導体装置の一実施の形態を示す斜視図である。

【図2】図1中のA-A断面を示す断面図である。

【図3】図1の光半導体装置の製造方法を示す図である。

【図4】本発明の光半導体装置の他の実施の形態を示す斜視図である。

9

10

【図5】図4中のB-B断面を示す断面図である。

【図6】従来の光半導体装置を示す断面図である。

【符号の説明】

- 1 n-Si基板
- 2 V溝
- 3 台形溝
- 4 β -FeSi₂層
- 5 n-Si層
- 6 p領域
- 7 SiO₂膜

8 モニタPD用p電極

9 モニタPD用n電極

10 レーザ用電極

11 半導体レーザ素子

12 光ファイバ

13 レンズ支持斜面

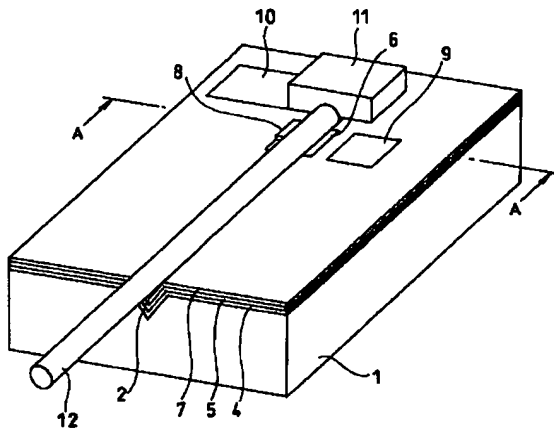
14 反射性の溝端部

15 球状レンズ

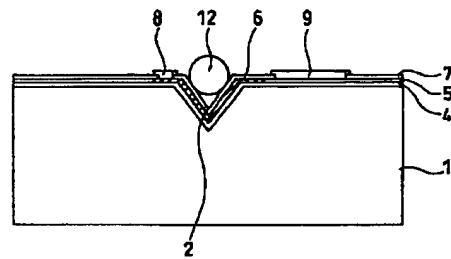
16 モニタPD素子

10

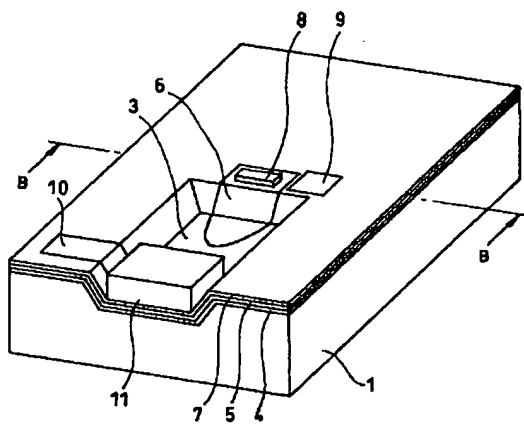
【図1】



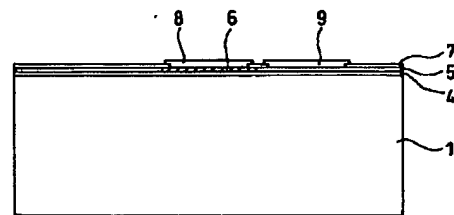
【図2】



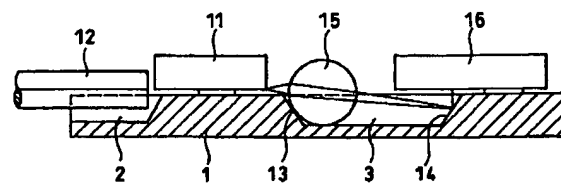
【図4】



【図5】



【図6】



【図3】

